

## 火成岩中に見出される結晶のクラスタリング組織と実験からみたその成因

## Clustering textures of crystals in igneous rocks and their origins studied by experiments

# 池田 進[1], 鳥海 光弘[2], 吉田 英人[3]

# Susumu Ikeda[1], Mitsuhiro Toriumi[2], Hideto Yoshida[3]

[1] 東大・新領域・複雑理工学, [2] 東大・新領域, [3] 東大・理・地質

[1] Complexity S &amp; E, Univ. Tokyo, [2] Complexity S and E., Univ. Tokyo, [3] Department of Geology, University of Tokyo

天然の火成岩には、結晶が集合してクラスターを形成している組織がしばしば観察される。火山岩に見られる集斑状組織や深成岩（花崗岩）に見られる同種鉱物結晶のクラスターなどはその例である。これら種々のクラスタリング組織の形成を統一的に説明しうる組織形成メカニズムを、ディオブサイド - アノーサイト系の実験結果を基に提案する。冷却結晶化過程では固液間の界面エネルギー（固液二面角）が上昇し、接し合った結晶粒子群はクラスターを形成しやすくなる。このような現象と鉱物の晶出順序の組合せにより、様々なクラスタリング組織が形成されうる。

天然の火成岩には結晶が集合している様々なクラスタリング組織が観察される。火山岩にしばしば観察される集斑状組織はその代表的な例である。集斑状組織は複数の斑晶が寄せ集まってクラスターを形成している組織で、一般に斜長石の斑晶からなるものが多いが、輝石からなるものや、数種の鉱物からなるものなど様々である。集斑状組織には分類されていないが、Philpotts et al. (1998, 1999) が報告したある種の玄武岩中に存在する斜長石の鎖状（ネットワーク）構造も集斑状組織に似たクラスタリング組織といえる。また、結晶のクラスタリング組織は深成岩中にも存在する。深成岩は大きな結晶の集合体であるため、火山岩の集斑状組織（斑晶以外は石基）ほどその存在が明瞭ではないが、例えば、花崗岩中の全結晶粒子を鉱物ごと（石英、斜長石、カリ長石、黒雲母等）に抽出してみると、各鉱物ごとに結晶粒子がクラスタリングしている場合が多い。更に客観的に評価するために、著者らは、Jerram et al. (1996) が提案した「最近接空間分布解析法」を用いて稲田花崗岩、蛭川（苗木）花崗岩の2サンプルに関して結晶の空間分布評価を行い、石英、斜長石、カリ長石の結晶粒子が各鉱物ごとにクラスタリングしていることを確認した。

本発表では、以上のような天然の火成岩に見られる種々のクラスタリング組織の形成を統一的に説明しうる組織形成プロセスを、ディオブサイド - アノーサイト系の実験結果に基づいて提案する。ディオブサイド：アノーサイト = 90：10 (wt%) とした純薬混合物を溶融・冷却後粉碎し、固相線以下でほぼ完全に結晶化させ、再度粉碎したものを実験の出発物質とした。この出発物質を固液（ディオブサイド+メルト）共存領域内で等温加熱する実験や、冷却して各温度で急冷する冷却実験などを行った。この実験で特に注目されたのは組織変化と固液二面角の対応関係である。固液二面角は固液共存（部分溶融）系において、固-液-固3重点に形成される角度で、固-固の粒界エネルギーと固-液の界面エネルギーの比で決まり、固-液の界面エネルギーが相対的に大きくなるにしたがって大きくなる。上記実験試料においては、等温加熱（平衡）実験の場合、低温ほど、そしてディオブサイド結晶と共存するメルトの組成がアノーサイト成分に富むほど二面角は大きくなった。このような二面角のメルト組成依存性は多くの金属の2成分系で観測されており、また武井・清水 (1999)、清水ら (1999) によって理論的にも検証されている。また、このような低温ほど二面角が大きくなる傾向は、冷却結晶化という非平衡な効果によって増長され、等温加熱実験では二面角の最大値が  $53^\circ$  (1280 ) であったのに対し、 $0.5^\circ/\text{min}$  の冷却速度では  $60^\circ$  にまで達した。冷却時に二面角が平衡値より大きくなるのは、結晶表面近傍における結晶に取り込まれにくい成分の濃集、すなわちメルト中の境界層形成に起因し、上記メルト組成依存性によって大きくなったものと理解された。そして、このような冷却による二面角の増大とともに、ディオブサイド結晶のクラスタリングが起こった。また、二面角が  $60^\circ$  を越えると界面エネルギーの総和を最小にするために、結晶に囲まれたメルトが消滅して結晶がクラスタリングすることが理論的・実験的（例えば Jurewicz & Watson, 1985）に知られている。本実験におけるクラスタリングも界面エネルギーに起因するものであると考えられた。ディオブサイド - アノーサイト系の実験では、冷却条件を変化させることにより、クラスタリングした組織や、クラスタリングしていない組織を作ることができた。また更に、ディオブサイド - フォルステライト - アノーサイト系の実験では、フォルステライト粒子を取り込んだディオブサイドクラスターを作ることができた。このようなクラスタリング現象と鉱物の晶出順序の組合せにより、火山岩、深成岩を問わず、様々なクラスタリング組織が形成されうることを示す。

参考文献: Philpotts et al. (1998) *Nature*, Vol.395, 343-346; Philpotts et al. (1999) *Am. Mineral.*, Vol.84, 1819-1829; Jerram et al. (1996) *Contrib. Mineral. Petrol.*, Vol.125, 60-74; Jurewicz & Watson (1985) *Geochim. Cosmochim. Acta.*, Vol.49, 1109-1121; 武井・清水 (1999), 清水ら (1999) 1999年合同大会予稿集。